



PCT/FR2004/001748

REÇU 08 OCT. 2004
OMPI PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 MARS 2004

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE', is placed over a stylized oval-shaped underline.

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



DÉPARTEMENT
DÉPARTEMENT DE LA PROPRIÉTÉ
INTELLECTUELLE

26 bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354°01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 96C395

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE		
LEU	31 JUIL 2003	
75 INPI PARIS		
N° D'ENREGISTREMENT	0309421	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI	31 JUIL 2003	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 105138/SM/SSD/IC		
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie		

3 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Département PI
Bradford Lee SMITH
5, rue Noël Pons
92734 Nanterre Cedex

2 NATURE DE LA DEMANDE	Cochez l'une des 4 cases suivantes		
Demande de brevet	<input checked="" type="checkbox"/>		
Demande de certificat d'utilité	<input type="checkbox"/>		
Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/>		
<i>Demande de brevet initiale</i>	N°	Date	/ /
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>	N°	Date	/ /
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>	N°	Date	/ /

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

AMPLIFICATEUR A GRANDE DYNAMIQUE DE PUISSANCE DE SORTIE

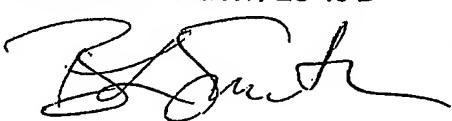
4 DECLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / / N° Pays ou organisation Date / / / N° Pays ou organisation Date / / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
Nom ou dénomination sociale		ALCATEL
Prénoms		
Forme juridique		Société Anonyme
N° SIREN		1 5 4 . 2 . 0 . 1 9 . 0 . 9 . 6
Code APE-NAF		. . .
Adresse	Rue	54, rue La Boétie
	Code postal et ville	75008 PARIS
Pays		FRANCE
Nationalité		Française
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES	Réserve à l'INPI
DATE	31 JUIL 2003
LIEU	75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT	0309421
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

DB 540 W /2E0399

Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		105138/SM/SSD/IC
6 MANDATAIRE		
Nom		SMITH
Prénom		Bradford Lee
Cabinet ou Société		Compagnie Financière Alcatel
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 9222
Adresse	Rue	5, rue Noël Pons
	Code postal et ville	92734 NANTERRE Cedex
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		
7 INVENTEUR (S)		
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée
8 RAPPORT DE RECHERCHE		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour celle invention ou indiquer sa référence</i>):
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes		
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR X DU MANDATAIRE <i>(Nom et qualité du signataire)</i>		Bradford Lee SMITH / LC 40 B 
		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. MARIELLO

AMPLIFICATEUR A GRANDE DYNAMIQUE DE PUISSANCE DE
SORTIE.

5 La présente invention se rapporte à un amplificateur réglable sur une forte dynamique de puissance de sortie et possédant un rendement en puissance ajoutée quasiment constant.

Elle concerne plus particulièrement la réalisation
10 d'un amplificateur de puissance de signaux hyperfréquence à l'état solide notamment pour émetteurs de satellites, adapté pour fonctionner par exemple dans une gamme de fréquence proche de 30GHz, et comportant un nombre déterminé
15 d'éléments actifs alimentant en parallèle une charge commune par l'intermédiaire d'un dispositif d'adaptation constitué d'un microcircuit composé de lignes de propagation, de capacités ou inductances.

Cependant l'invention concerne également la réalisation de circuit d'amplification avec étages
20 amplificateurs redondants dans lesquels les amplificateurs ne sont pas nécessairement des amplificateurs de puissance.

Il est connu pour réaliser un amplificateur de puissance à l'état solide d'utiliser un circuit de combinaison à deux états mettant en oeuvre des lignes
25 hyperfréquence de longueur électrique $\lambda/4$ où λ est la longueur d'onde du signal à amplifier. Ce circuit combine les signaux fournis par quatre éléments actifs et fournit en résultat de la combinaison deux niveaux de puissance de sortie avec un rapport de puissance ajoutée constant suivant
30 qu'un élément actif ou quatre élément actifs sont allumés.

Ce circuit a pour inconvénient qu'il ne permet de disposer que de deux niveaux de puissance, un niveau de

puissance de sortie maximum et un niveau de puissance de sortie inférieur de 6dB. En outre le manque de symétrie du circuit ne permet pas de faire fonctionner tout seul n'importe quel élément actif.

5 Dès façon différente au mode de réalisation précédent qui s'appuie sur le nombre d'éléments actifs utilisé pour réaliser le contrôle en puissance, un autre mode de réalisation connu sous l'appellation d'amplificateur Doherty contrôle la dynamique de la puissance de sortie par
10 l'intermédiaire de la variation des conductances de charge des éléments actifs en fonction de la puissance d'entrée.

15 Ce type d'amplificateur a pour inconvénients de ne combiner que deux éléments actifs et d'être mal adapté pour des applications de redondance.

15 Il est également connu pour obtenir un rendement de puissance ajoutée qui soit faiblement dépendant de la puissance de sortie d'adapter les points de polarisation des éléments actifs à la puissance de sortie. Mais cette solution est difficile à mettre en oeuvre et la dynamique de
20 la puissance de sortie est limitée.

25 Un des buts de l'invention est de maîtriser la puissance de sortie d'un amplificateur à l'état solide par un contrôle à la fois du nombre d'éléments actifs allumés et des conductances de charge des éléments actifs sans modifier les susceptances de charge des éléments actifs tout en minimisant les pertes dans le circuit d'adaptation.

30 Plus précisément l'invention vise à la réalisation d'un dispositif d'adaptation capable de contrôler de façon efficace les valeurs des conductances de charge des éléments actifs allumés par le pourcentage d'éléments actifs éteints.

Pour atteindre ces objectifs, le dispositif d'adaptation de l'étage de sortie de l'amplificateur hyperfréquence selon l'invention comprend un nombre déterminé N de circuits de compensation de susceptance reliées respectivement aux sorties de N éléments actifs pour compenser les susceptances de sortie des éléments actifs et un circuit de combinaison et d'adaptation des conductances possédant N entrées reliées respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances et une sortie reliée à la charge de l'amplificateur.

Suivant un mode de réalisation le plus général, le circuit de combinaison et d'adaptation des conductances de charge des éléments actifs comprend un nombre déterminé de tronçons de ligne organisés en M niveaux, dans lesquels le niveau 1 est raccordé respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances par l'intermédiaire de N tronçons de ligne d'égale longueur électrique multiple entier de $\lambda/4$ et le niveau M est raccordé directement à la charge de l'amplificateur ou 15 indirectement à celle ci par l'intermédiaire d'au moins un tronçon de ligne de longueur électrique multiple entier de $\lambda/4$ constituant un $(M+1)$ ème niveau. Chaque niveau, autre que le niveau 1 et le niveau $M+1$, comporte un nombre déterminé de tronçons de ligne d'égales longueurs électriques multiples 20 entier de $\lambda/2$. Dans cette configuration, le nombre de tronçons de ligne d'un niveau J est inférieur au nombre de tronçons du niveau $J-1$ qui le précède, et chaque tronçon de ligne d'un niveau peut être raccordé à un ou plusieurs tronçons de ligne du niveau qui le précède.

Les longueurs électriques des tronçons de lignes du premier niveau doivent être égales à un multiple entier impair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit

de combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un court-circuit afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau 1.

5 Les longueurs électriques des tronçons de lignes du premier niveau doivent être égales à un multiple entier pair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit de combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un circuit-ouvert
10 afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau 1.

Afin de réaliser un transformateur inverseur d'impédance, la somme des longueurs électriques reliant une entrée du circuit de combinaison à sa sortie doit être égale
15 à un multiple entier impair de $\lambda/4$.

De préférence afin d'assurer une symétrie de fonctionnement au circuit, chaque tronçon de ligne d'un niveau est raccordé sur un même noeud à un même nombre de tronçons de ligne du niveau qui le précède.

20 Afin d'améliorer la fonction transformateur d'impédance du circuit d'adaptation, les lignes de longueur électrique multiple entier de $\lambda/2$ reliant deux noeuds de niveaux différents peuvent être décomposées en plusieurs lignes de longueur électrique $\lambda/4$ d'impédance
25 caractéristiques différentes.

Suivant un mode particulier de réalisation d'un amplificateur selon l'invention le nombre d'éléments actifs N=4 et le circuit de combinaison et d'adaptation des conductances de charge des éléments actifs est organisé en deux niveaux ce qui permet d'atteindre une dynamique de puissance de 12dB entre une configuration où un seul élément

actif est allumé et une configuration où les quatre éléments actifs sont allumés.

Des dynamiques de puissance encore plus grandes peuvent être obtenues en augmentant le nombre N d'éléments actifs.

En outre chaque circuit de compensation de susceptance se compose de deux tronçons de ligne reliés en série par l'intermédiaire d'un condensateur entre la sortie de l'élément actif auquel il est relié et l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation des conductances qui lui correspond. La compensation de la susceptance de sortie de l'élément actif s'effectue au moyen des deux tronçons de ligne et du condensateur et au moyen d'un troisième tronçon de ligne relié entre le point commun entre le condensateur et le tronçon de ligne relié à la sortie de l'élément actif et une extrémité d'un condensateur à capacité fixe relié par sa deuxième extrémité à un point de masse, le condensateur étant polarisé par une tension de polarisation appliquée sur sa première extrémité.

Lorsqu'un élément actif est éteint, par variation de la tension de polarisation appliquée sur le condensateur, la variation de l'impédance de sortie que présente cet élément actif conduit à présenter un court circuit à l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation.

Il peut être également envisagé de choisir une topologie de circuit de compensation de susceptance différente permettant de présenter un circuit ouvert à l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation lorsque l'élément actif est éteint.

Le circuit de combinaison peut être réalisé également par une technique de combinaison spatiale de puissance.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description qui suit, faite seulement à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

5 - la Figure 1 est un schéma de principe d'un mode de réalisation d'un amplificateur de puissance hyperfréquence à état solide selon l'invention.

10 - la Figure 2 est un schéma illustrant un mode de réalisation d'un circuit de compensation de susceptance d'éléments actifs de sortie de l'amplificateur de la Figure 1.

- la Figure 3 est un schéma de principe montrant un exemple de réalisation du circuit de combinaison et d'adaptation de conductance de charge de la Figure 1.

15 - la Figure 4 illustre un mode de réalisation d'un dispositif d'adaptation d'impédance d'un amplificateur selon l'invention composé de quatre circuits de compensation de susceptance.

20 - les Figures 5 à 7 illustrent le mode de fonctionnement du dispositif d'adaptation de la Figure 4.

- les Figures 8 et 9 illustrent deux variantes de réalisation d'un dispositif d'adaptation d'impédance selon l'invention comportant six circuits de compensation de susceptance.

25

On se réfère d'abord à la Figure 1 qui représente un mode de réalisation d'un amplificateur de puissance hyperfréquence à état solide selon l'invention composé de N éléments actifs de sortie référencés de 11 à 1N alimentant en parallèle une charge commune 2 au travers d'un dispositif

d'adaptation 3 des éléments actifs de sortie, représenté à l'intérieur d'une ligne fermée en pointillés.

Le dispositif d'adaptation 3 comprend un nombre déterminé N de circuits de compensation de susceptance référencés 41 à 4N reliées respectivement aux sorties de N éléments actifs 11 à 1N pour compenser les susceptances de sortie des éléments actifs et un circuit de combinaison et d'adaptation des conductances 5 possédant N entrées reliées respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances et une sortie reliée à la charge 2 de l'amplificateur.

Comme le montre la Figure 2 chaque circuit de compensation de susceptance 41 à 4N se compose de deux tronçons de ligne 5 et 6 reliés en série par l'intermédiaire d'un condensateur 7 entre la sortie d'un élément actif 11 à 1N auquel il est relié et une entrée du circuit de combinaison et d'adaptation des conductances 3 qui lui correspond.

La compensation de la susceptance de sortie de l'élément actif auquel le circuit de compensation est relié s'effectue au moyen des deux tronçons de ligne et du condensateur et au moyen d'un troisième tronçon de ligne 8 relié entre le point commun 9 entre le condensateur 7 et le tronçon de ligne 5 relié à la sortie de l'élément actif et une première extrémité d'un condensateur à capacité fixe 10 relié par sa deuxième extrémité à un point de masse 11, le condensateur 10 étant polarisé par une tension de polarisation appliquée sur sa première extrémité.

Lorsqu'un élément actif est éteint (par variation de la tension de polarisation appliquée sur le condensateur), la variation de l'impédance de sortie que présente cet

élément actif conduit à présenter un court circuit à l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation.

Il peut être également envisagé de choisir une topologie de circuit de compensation de susceptance 5 différente permettant de présenter un circuit ouvert à l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation lorsque l'élément actif est éteint.

Le circuit 5 de combinaison et d'adaptation des conductances de charge des éléments actifs qui est 10 représenté à la Figure 3 comprend un nombre déterminé de tronçons de ligne organisés en M niveaux.

Le niveau 1 est raccordé respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances 41 à 4N par l'intermédiaire de N tronçons de ligne $L(1,1)$ à $L(1,N)$ 15 d'égale longueur électrique, multiple entier de $\lambda/4$ et le niveau M est raccordé directement à la charge de l'amplificateur ou indirectement à celle ci par l'intermédiaire d'au moins un tronçon de ligne $L(M+1,1)$ de 20 longueur électrique multiple entier de $\lambda/4$ constituant un ($M+1$)ième niveau.

Chaque niveau, autre que le niveau 1 et le niveau $M+1$, comporte un nombre déterminé de tronçons de ligne d'égales longueur électrique multiple entier de $\lambda/2$.

Dans cette configuration, chaque tronçon de ligne d'un 25 niveau peut être raccordé à un ou plusieurs tronçons de ligne du niveau qui le précède et le nombre de tronçons de ligne de chaque niveau va en décroissant au fur et à mesure que le nombre de niveaux depuis le premier niveau augmente, de sorte que le nombre de tronçons de ligne d'un niveau J 30 soit toujours inférieur au nombre de tronçons du niveau $J-1$ qui le précède.

Les longueurs électriques des tronçons de lignes du premier niveau doivent être égales à un multiple entier impair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit de combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un court-circuit afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau 1.

Les longueurs électriques des tronçons de lignes du premier niveau doivent être égales à un multiple entier pair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit de combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un circuit-ouvert afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau 1.

Afin de réaliser un transformateur inverseur d'impédance, la somme des longueurs électriques reliant une entrée du circuit de combinaison à sa sortie doit être égale à un multiple entier impair de $\lambda/4$.

De préférence afin d'assurer une symétrie de fonctionnement au circuit, chaque tronçon de ligne d'un niveau est raccordé sur un même noeud à un même nombre de tronçons de ligne du niveau qui le précède et le nombre N de tronçons de ligne du premier niveau est pair.

Afin d'améliorer la fonction transformateur d'impédance du circuit d'adaptation, les lignes de longueur électrique multiple entier de $\lambda/2$ reliant deux noeuds de niveaux différents peuvent être décomposées en plusieurs lignes de longueur électrique $\lambda/4$ d'impédance caractéristiques différentes.

Un mode de réalisation suivant ce principe, d'un dispositif d'adaptation comportant quatre dispositifs de compensation de susceptance 4a à 4d couplés en sortie de

quatre éléments actifs 1a à 1d et deux niveaux de tronçons de ligne, est montré à la Figure 4.

Le premier niveau est formé de quatre tronçons de ligne 12a à 12d d'impédance caractéristique Z_1 et de longueur électrique $\lambda/4$, reliés respectivement par une de leurs extrémités aux sorties des dispositifs de compensation de susceptance 4a à 4d.

Le deuxième niveau est formé de deux tronçons de ligne de longueur électrique $\lambda/2$ composé chacune de deux demi tronçons de lignes 13a, 13b et 14a, 14b de longueur électrique $\lambda/4$ reliés en série, les deux demi tronçons d'un tronçon ayant des impédances caractéristiques Z_2 et Z_3 différentes.

Les liaisons entre le premier et le deuxième niveau sont effectuées par les deuxième extrémités des tronçons de ligne 12 a à 12 d de longueur électrique $\lambda/4$ du premier niveau qui sont reliées deux à deux à une extrémité des tronçons de ligne 13a, 13b d'une part, et 14a 14b d'autre part, de longueur électrique $\lambda/2$ du deuxième niveau. Les deuxièmes extrémités des tronçons de longueur électrique $\lambda/2$ 13a, 13b et 14a, 14b sont reliées ensemble à la charge 2 (impédance $Z_{charge-s}$) de l'amplificateur.

Le fonctionnement du dispositif d'adaptation de la Figure 4 est illustré par les Figures 5 à 8 où les éléments homologues à ceux de la Figure 4 portent les mêmes références.

Sur ces figures les circuits de compensation 4a à 4d sont représentés par leur schéma équivalent qui apporte une susceptance négative -SEA qui compense celle de sortie de l'élément actif.

La représentation de la Figure 5 correspond à une configuration où tous les éléments actifs liés de l'amplificateur sont allumés, c'est à dire pour laquelle chacun des éléments actifs liés applique un même signal sinusoïdal d'amplitude U et de longueur d'onde λ sur l'entrée d'un circuit de compensation 4i.

Dans cette configuration le dispositif d'adaptation agit comme un transformateur d'impédance, l'impédance de charge Z (charge 2) du dispositif d'adaptation ramenée sur chacune de ses entrées étant définie en appliquant successivement, sur le chemin qui le relie à l'impédance de charge Z , les relations de transformation d'impédance aux tronçons de ligne en $\lambda/4$ rencontrés depuis celui qui est relié à la charge Z du dispositif d'adaptation jusqu'à celui qui est relié à l'élément actif par l'intermédiaire du circuit de compensation.

Comme les puissances fournies par les éléments actifs de 1a à 1d sont égales, la puissance obtenue en sortie du circuit d'adaptation est égale à quatre fois celle fournie par un élément actif.

Les impédances de charge ramenées sur chacune des entrées du dispositif d'adaptation sont égales et définies par la relation :

$$Z = \frac{1}{4} \cdot \frac{Z_1^2 \cdot Z_3^2}{Z_2^2 \cdot Z_{CHARGE-S}} \quad (1)$$

$$\text{en posant: } Z_c = \frac{Z_1^2 \cdot Z_3^2}{Z_2^2 \cdot Z_{CHARGE-S}}, \quad (2)$$

l'impédance de charge Z ramenée sur chaque élément actif est $Z = \frac{Z_c}{4}$. (3)

En désignant par U l'amplitude de la tension appliquée sur chacune des entrées des circuits de compensation et que le dispositif d'adaptation n'a pas de perte, la puissance de sortie P_s fournie à la charge est:

$$P_s = 4 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot U^2}{Z_c} \right) = \frac{8 \cdot U^2}{Z_c} \quad (4)$$

La représentation de la Figure 6 correspond à une configuration où seulement deux éléments actifs alimentent respectivement les tronçons de ligne de longueur électrique $\lambda/2$, 13a, 13b d'une part et 14a, 14b d'autre part.

Dans ce cas les tronçons de ligne 12b, 12c de longueur électrique $\lambda/4$ étant fermés à une extrémité par un court circuit, leur autre extrémité est en circuit-ouvert ce qui permet de les déconnecter du reste du circuit.

Les deux tronçons de ligne de longueur électrique $\lambda/2$ du deuxième niveau, formés des demi tronçons 13a, 13b d'une part et 14a, 14b ne sont alimentés que par les éléments actifs 1a et 1d.

Dans cette configuration l'impédance de charge Z ramenée sur chacun des éléments actifs allumés est égale à :

$$Z = \frac{Z_c}{2} \quad (5)$$

La puissance de sortie P_s fournie à la charge est :

$$P_s = 2 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot U^2}{Z_c} \right) = \frac{2 \cdot U^2}{Z_c} \quad (6)$$

5 La représentation de la, Figure 7 correspond à une configuration où un seul élément actif 1a alimente la charge au travers d'un seul tronçon de ligne de longueur électrique $\lambda/2$ formé des demi tronçons 13a et 13b.

10 Dans ce cas les tronçons de ligne 12b, 12c et 12d de longueur électrique $\lambda/4$ étant fermés à une extrémité par un court circuit, leur autre extrémité est en circuit-ouvert ce qui permet de les isoler du reste du circuit.

15 Le tronçon de ligne de longueur électrique $\lambda/2$ du deuxième niveau, formé des demi tronçons 13a, 13b est alimenté par l'élément actif 1a.

Dans cette configuration l'impédance de charge Z ramenée sur

le seul élément actif allumé est :

20

$$Z = Z_c \quad (7)$$

La puissance de sortie P_s fournie à la charge est:

$$P_s = 1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{Z_c} \right) = \frac{U^2}{2 \cdot Z_c} \quad (8)$$

Les relations (3), (5) font apparaître que la conductance de charge des éléments actifs allumés diminue lorsque le nombre d'éléments actifs allumés diminue.

D'autre part, en supposant que le niveau d'excitation des éléments actifs allumés est ajusté pour obtenir une tension de sortie U constante et que le dispositif d'adaptation n'a pas de perte, il apparaît au vu des relations (4), (6), (8) une dynamique de 12dB de la puissance de sortie P_s entre la configuration Figure 5 où quatre éléments actifs sont allumés et la configuration Figure 7 où un seul élément actif est allumé. Ainsi la puissance de sortie P_s est directement liée au nombre d'éléments actifs allumés.

Il apparaît également que le niveau de puissance obtenu pour chaque configuration à partir d'un nombre déterminé d'éléments actifs allumés est dans tous les cas proportionnel au carré du rapport entre les impédances caractéristiques Z_2 et Z_3 des tronçons de ligne du deuxième niveau et est inversement proportionnel au carré de l'impédance caractéristique Z_1 du tronçon de ligne du premier niveau.

On constate également que la susceptance de charge des éléments actifs allumés est indépendante du nombre d'éléments actifs éteints. Ainsi, quel que soit le mode de fonctionnement : un ou deux ou quatre éléments actifs en

fonctionnement, la susceptance de charge ne variant pas, le rendement en puissance ajoutée reste constant.

Le principe de réalisation d'un dispositif d'adaptation d'un amplificateur comportant quatre éléments actifs peut bien entendu être étendu à un amplificateur comportant un nombre quelconque d'éléments actifs permettant d'obtenir des dynamiques de puissance d'autant plus grandes que le nombre d'éléments actifs est élevé.

Un mode de réalisation d'un dispositif d'adaptation d'un amplificateur comportant six éléments actifs couplés respectivement à six circuits de compensation de susceptance est représenté à la Figure 8.

Le mode de réalisation de la Figure 8 diffère de celui de la Figure 4 à la fois par le fait qu'il comporte six circuits de compensation de susceptance référencés de 4a à 4f et par le fait que les sorties des circuits de compensation de susceptance (4a, 4b, 4c) et (4d, 4e, 4f) sont reliées trois à trois par l'intermédiaire d'un tronçon de ligne 12a à 12f du premier niveau respectivement à une extrémité d'un tronçon de ligne 13a ou 14a du deuxième niveau.

Une variante de réalisation du dispositif d'adaptation de la Figure 8 est montrée à la Figure 9.

Suivant ce mode de réalisation les sorties des circuits de compensations de susceptance 4a à 4f sont reliées deux à deux par l'intermédiaire d'un tronçon de ligne du premier niveau respectivement à une extrémité d'un tronçon de ligne du deuxième niveau qui comporte trois tronçons de lignes reliés par leur deuxième extrémité commune à l'impédance de charge du dispositif d'adaptation.

Pour la mise en oeuvre de l'amplificateur selon l'invention, les tronçons de lignes constituant le circuit de combinaison et d'adaptation 5 peuvent être réalisés au moyen de toute technique connue en hyperfréquence pour 5 réaliser des microcircuits.

Les éléments actifs peuvent être des transistors unitaires ou des ensembles de transistors comme par exemple des montages cascodes.

10 Les éléments actifs, les circuits de compensation et de combinaison peuvent être intégrés sur le même circuit monolithique. Mais pour des raisons d'encombrement et de coût, le circuit de combinaison peut être également dissocié des éléments actifs et des circuits de compensation de susceptance à travers un assemblage hybride.

15 Le circuit de combinaison peut être également réalisé par des techniques de combinaison spatiale puissance à condition que l'action de diminuer le pourcentage d'éléments actifs allumés conduise toujours à une diminution de la conductance de charge des éléments actifs restant allumés 20 sans impacte sur les susceptances de charge.

REVENDICATIONS

1- Amplificateur de signaux hyperfréquence de longueur d'onde λ comportant un nombre déterminé N d'éléments actifs couplés en parallèle à une impédance de charge par l'intermédiaire d'un dispositif d'adaptation (3),
5 caractérisé en ce que le dispositif d'adaptation (3) comprend :

- un nombre déterminé N de circuits de compensation de susceptance référencés (41 à 4N; 4a à 4d) reliées respectivement aux sorties de N éléments actifs (11 à 1N; 1a à 1d) pour compenser les susceptances de sortie des éléments actifs (41 à 4N; 4a à 4d);

- et un circuit de combinaison et d'adaptation des conductances (5) possédant N entrées reliées respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances (41 à 4N; 4a à 4d) et une sortie reliée à l'impédance de charge (2) de l'amplificateur.

2- Amplificateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de combinaison et d'adaptation des conductances de charge (5) des éléments actifs comprend un nombre déterminé de tronçons de ligne organisés en M niveaux, le niveau 1 étant raccordé respectivement aux sorties des N circuits de compensation des susceptances (41 à 4N; 4a à 4d) par l'intermédiaire de N tronçons de ligne L(1,1) à L(1,N) d'égale longueur électrique, multiple entier de $\lambda/4$ et le niveau M étant raccordé à la charge de l'amplificateur, chaque niveau, autre que le niveau 1 comporte un nombre déterminé de tronçons de ligne d'égales longueur électrique multiple entier de $\lambda/2$, chaque tronçon de ligne d'un niveau autre que le niveau 1 étant raccordé à un ou plusieurs tronçons de ligne du niveau qui le précède,

le nombre de tronçons de ligne de chaque niveau allant en décroissant au fur et à mesure que le nombre de niveaux depuis le niveau 1 augmente.

5 3- Amplificateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les tronçons de ligne du niveau M sont raccordés à la charge de l'amplificateur par l'intermédiaire d'au moins un tronçon de ligne $L(M+1,1)$ de longueur électrique multiple entier de $\lambda/4$ formant un $(M+1)$ ième
10 niveau.

4- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que les tronçons de ligne de longueur électrique multiple entier de $\lambda/2$ sont
15 décomposés en plusieurs lignes de longueur électrique $\lambda/4$ d'impédance caractéristiques différentes.

5- Amplificateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les longueurs électriques des tronçons de lignes
20 du premier niveau sont égales à un multiple entier impair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit de combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un court-circuit afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau
25 1.

6- Amplificateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les longueurs électriques des tronçons de lignes du premier niveau sont égales à un multiple entier pair de $\lambda/4$ si l'impédance présentée en entrée du circuit de
30 combinaison par un élément actif éteint combiné avec son circuit de compensation de susceptance est un circuit-ouvert afin de présenter un circuit-ouvert sur les noeuds du niveau 1.

7- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la somme des longueurs électriques reliant une entrée du circuit de combinaison à sa sortie est égale à un multiple entier 5 impair de $\lambda/4$ afin de réaliser un transformateur inverseur d'impédance.

8- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque tronçon de ligne d'un niveau autre que le niveau 1 est 10 raccordé sur un même noeud à un même nombre de tronçons de ligne du niveau qui le précède.

9- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le circuit de 15 combinaison et d'adaptation des conductances de charge (5) des éléments actifs est organisé en deux niveaux pour réaliser l'adaptation de la charge de l'amplificateur à seulement quatre éléments actifs (1a, 1b, 1c, 1d), un premier niveau composé de quatre tronçons de ligne (12a, 12b, 20 12c, 12d) de longueur électrique $\lambda/4$ et un deuxième niveau composé de deux tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b) de longueur électrique $\lambda/2$ reliés par une de leur extrémité commune à l'impédance de charge de l'amplificateur, les deux tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b) de longueur 25 électrique $\lambda/2$ étant partagés en deux tronçons de ligne de longueur électrique $\lambda/4$ d'impédances Z2 et Z3 différentes.

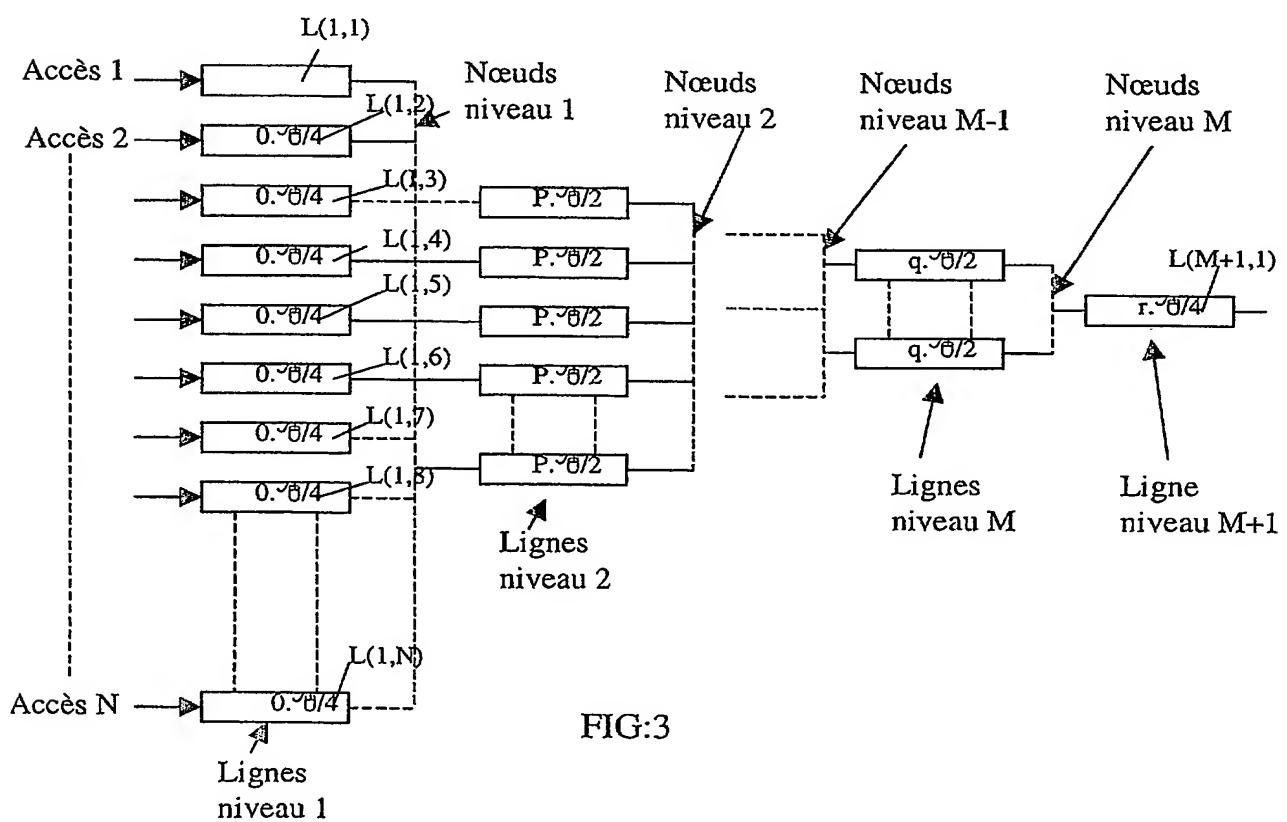
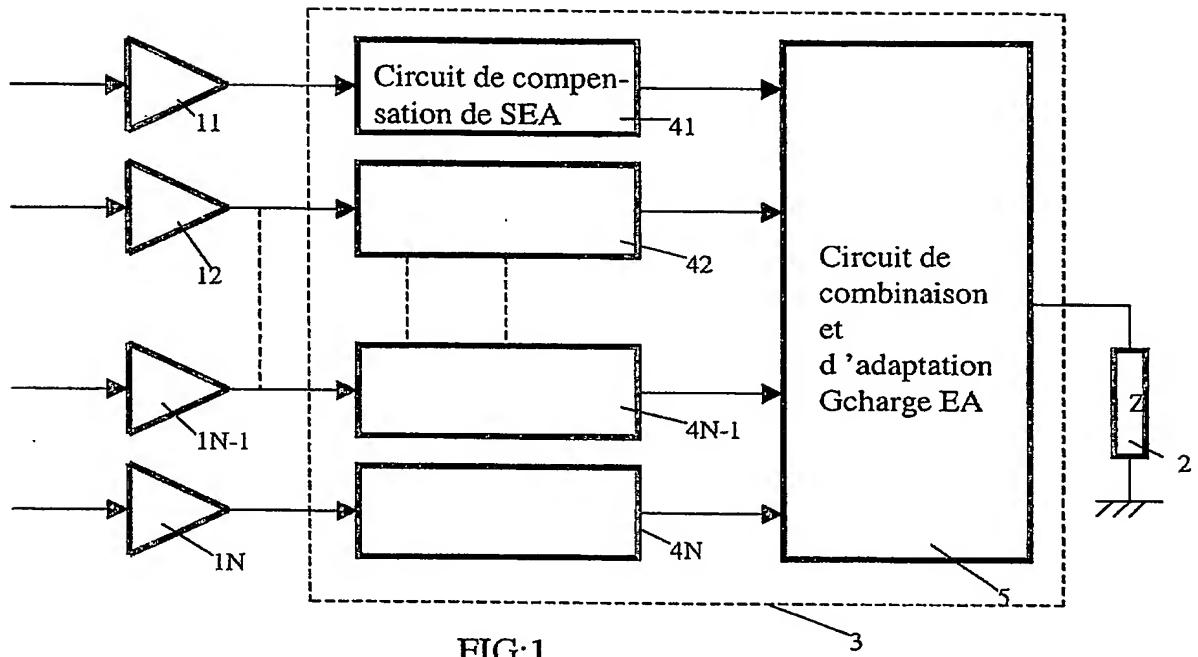
10- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit 30 de combinaison et d'adaptation des conductances de charge (5) des éléments actifs est organisé en deux niveaux pour réaliser l'adaptation de la charge de l'amplificateur à seulement six éléments actifs (1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f), un premier niveau composé de six tronçons de ligne 35 (12a, ..., 12f) de longueur électrique $\lambda/4$ et un deuxième

niveaux composé de deux tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b) de longueur électrique $\lambda/2$ reliés par une de leur extrémité commune à l'impédance de charge(2) de l'amplificateur, les sorties des circuits de compensation de 5 susceptance (4a,...,4f) étant reliées trois à trois par l'intermédiaire d'un tronçon de ligne (12a, 12b, 12c;12d,12e,12f) du premier niveau respectivement à une extrémité d'un tronçon de ligne (13a, 13b; 14a, 14b) du deuxième niveau opposée à celle reliée à l'impédance de 10 charge (2) de l'amplificateur, les deux tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b) de longueur électrique $\lambda/2$ étant partagés en deux tronçons de ligne de longueur électrique $\lambda/4$ d' impédances Z2 et Z3 différentes.

15 11- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit de combinaison et d'adaptation des conductances de charges 5 (5) des éléments actifs est organisé en deux niveaux pour réaliser l'adaptation de la charge (2) de l'amplificateur à 20 seulement six éléments actifs (1a,1b, 1c, 1d, 1e, 1f), un premier niveau composé de six tronçons de ligne (12a,...,12f) de longueur électrique $\lambda/4$ et un deuxième niveau composé de trois tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b; 15a, 15b) de longueur électrique $\lambda/2$ reliés par une de 25 leur extrémité commune à l'impédance de charge (2) de l'amplificateur, les sorties des circuits de compensation de susceptance (4a,...,4f) étant reliées deux à deux par l'intermédiaire d'un tronçon de ligne (12a, 12b; 12c, 12d; 12e, 12f) du premier niveau respectivement à une extrémité 30 d'un tronçon de ligne (13a, 13b ; 14a, 14b; 15a, 15b) du deuxième niveau opposée à celle reliée à l'impédance de charge (2) de l'amplificateur, les trois tronçons de ligne (13a, 13b; 14a, 14b; 15a, 15b) de longueur électrique $\lambda/2$ étant partagés chacun en deux tronçons de ligne de longueur 35 électrique $\lambda/4$ d' impédances Z2 et Z3 différentes.

12- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque circuit de compensation de susceptance (41 à 4N; 4a à 4d) se compose de deux tronçons de ligne (5,6) reliés en série par
5 l'intermédiaire d'un condensateur (7) entre la sortie de l'élément actif (11 à 1N; 1a à 1d) auquel il est relié et l'entrée du circuit de combinaison et d'adaptation des conductances (5) qui lui correspond et un troisième tronçon de ligne relié entre d'une part, le point commun (9) entre
10 le condensateur (7) et le tronçon de ligne (5) relié à la sortie de l'élément actif (11 à 1N; 1a à 1d) et d'autre part, une extrémité d'un condensateur (10) à capacité fixe relié par sa deuxième extrémité à un point de masse du circuit (11), le condensateur à capacité fixe (10) étant
15 polarisé par une tension de polarisation appliquée sur sa première extrémité déterminée en fonction de l'état de fonctionnement choisi pour l'élément actif.

13- Amplificateur selon la revendication 1, caractérisé
20 en ce que le circuit de combinaison est réalisé par une technique de combinaison spatiale de puissance.



2/5

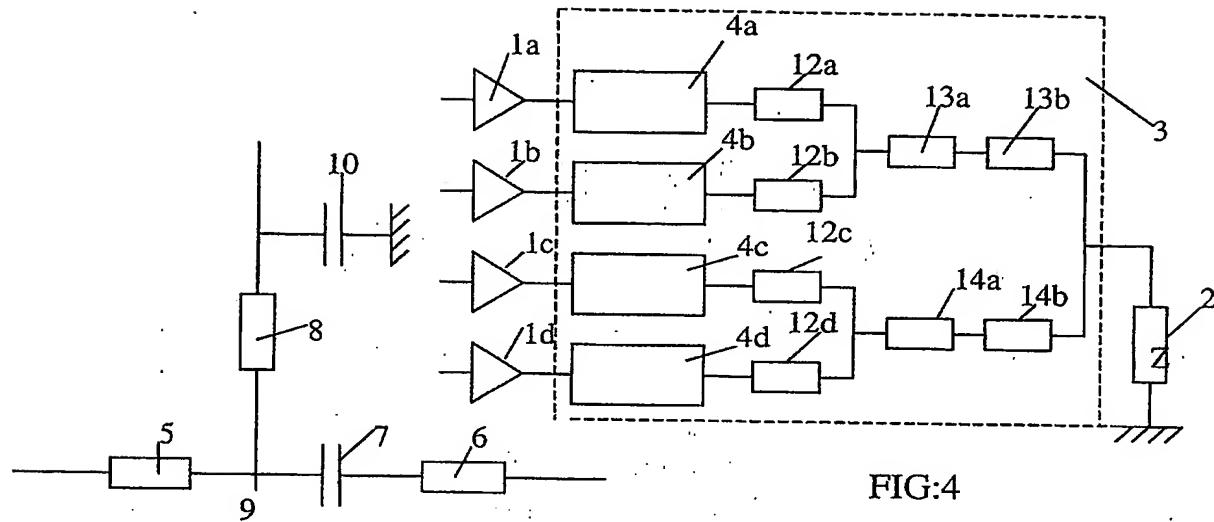
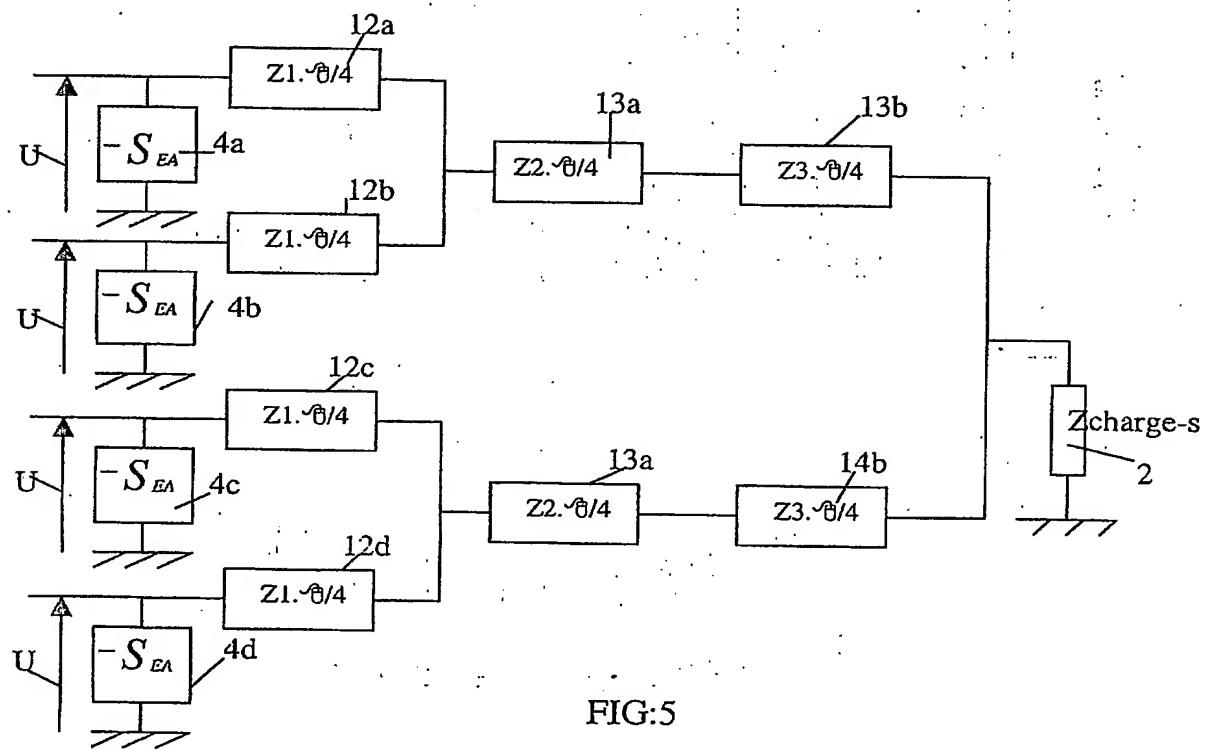


FIG: 2



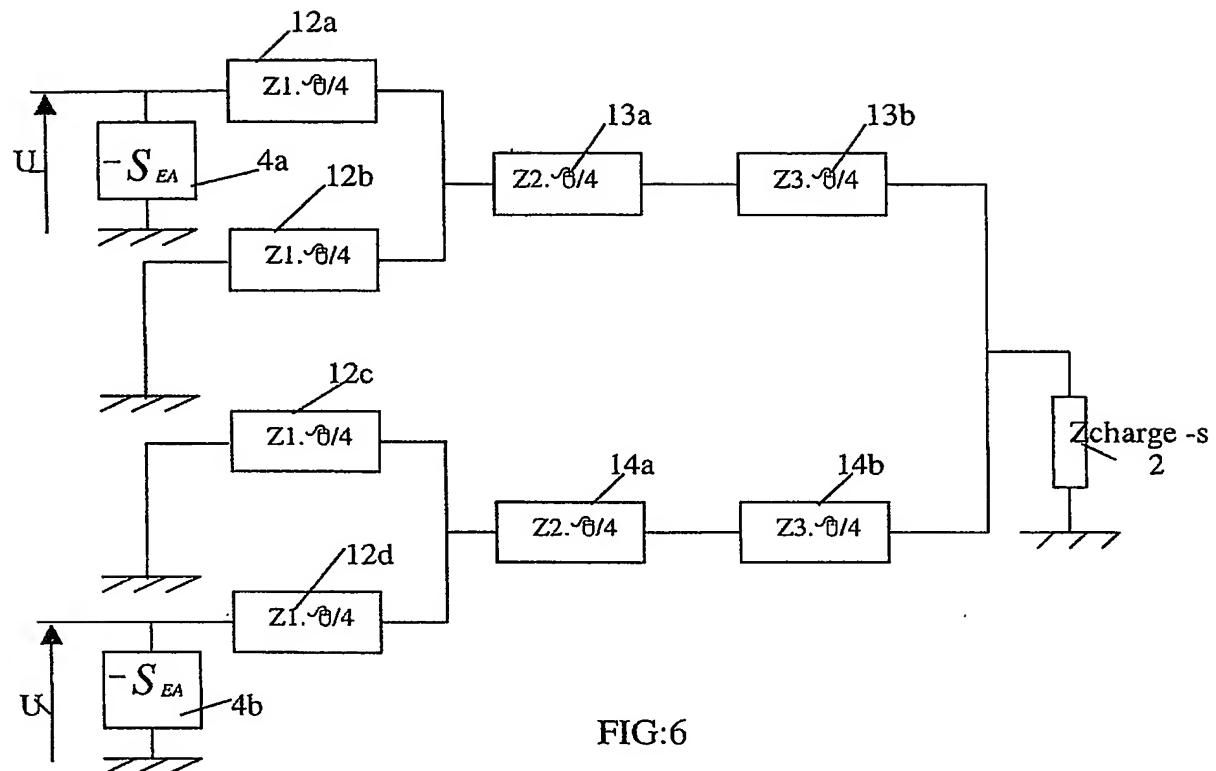


FIG:6

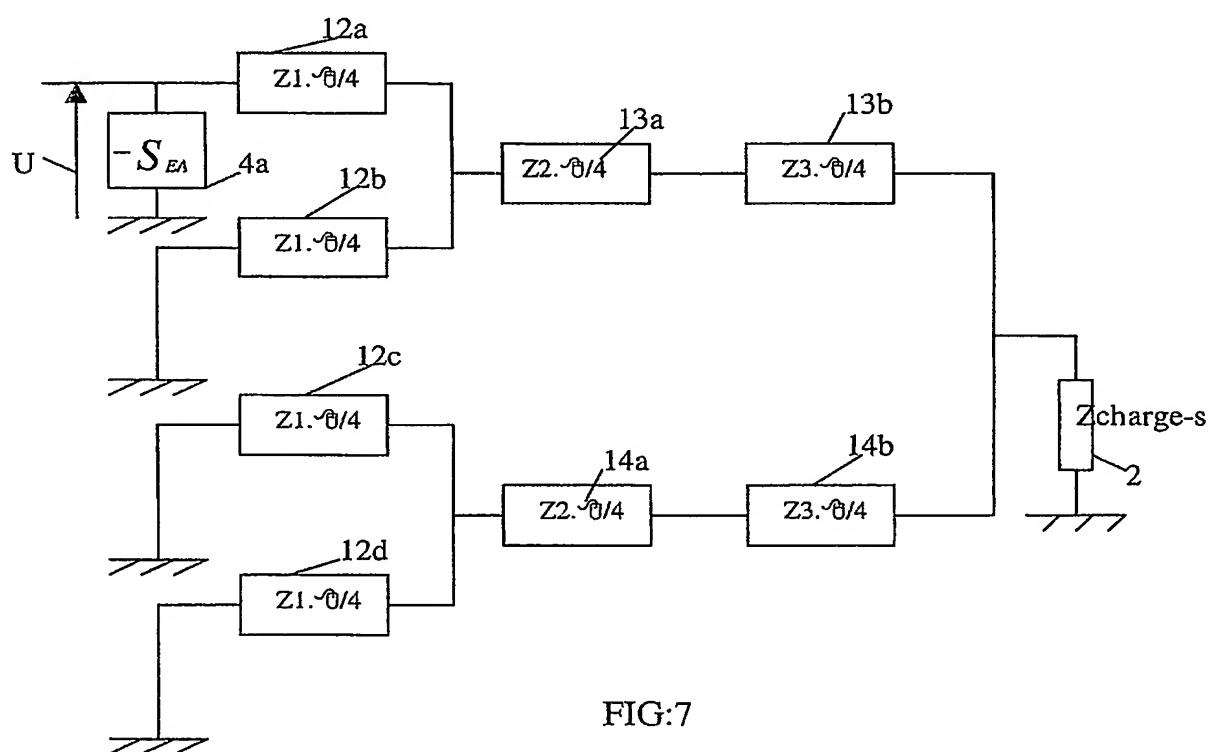


FIG:7

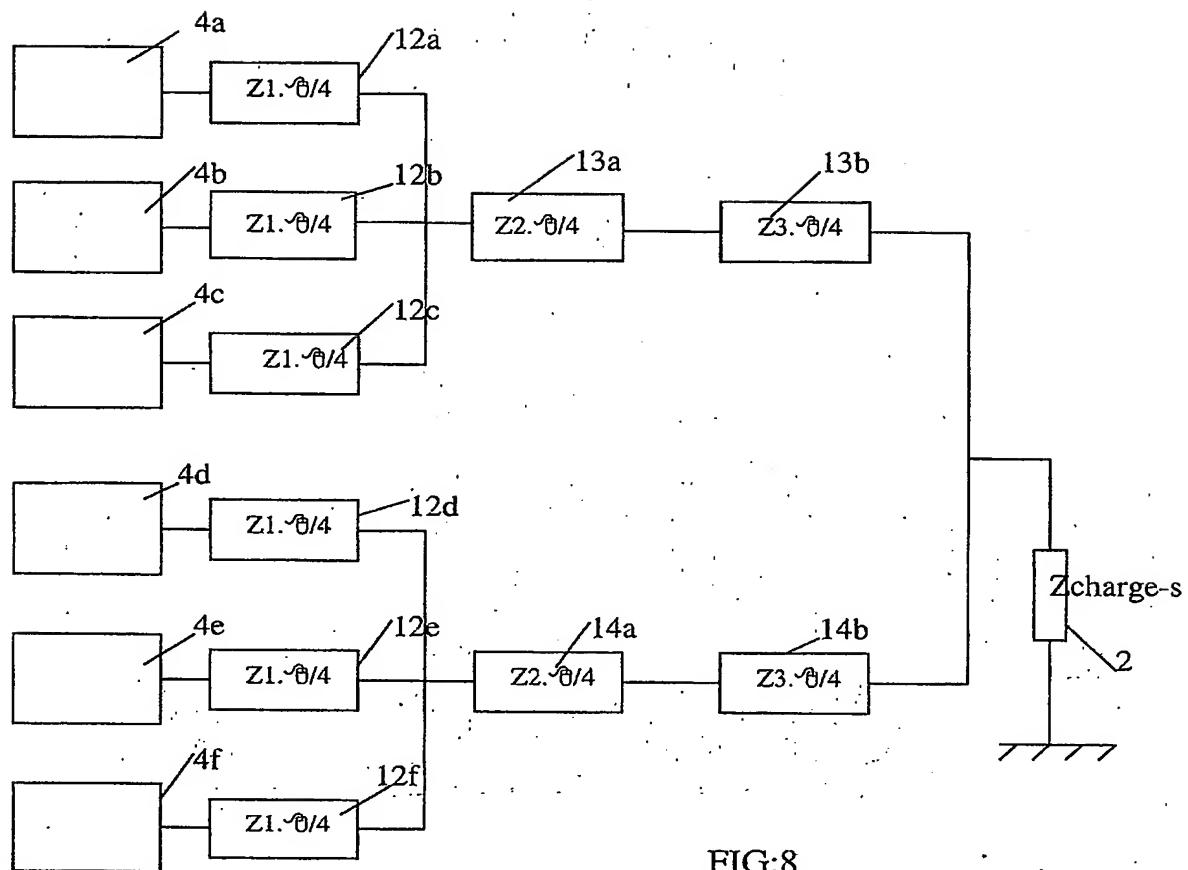
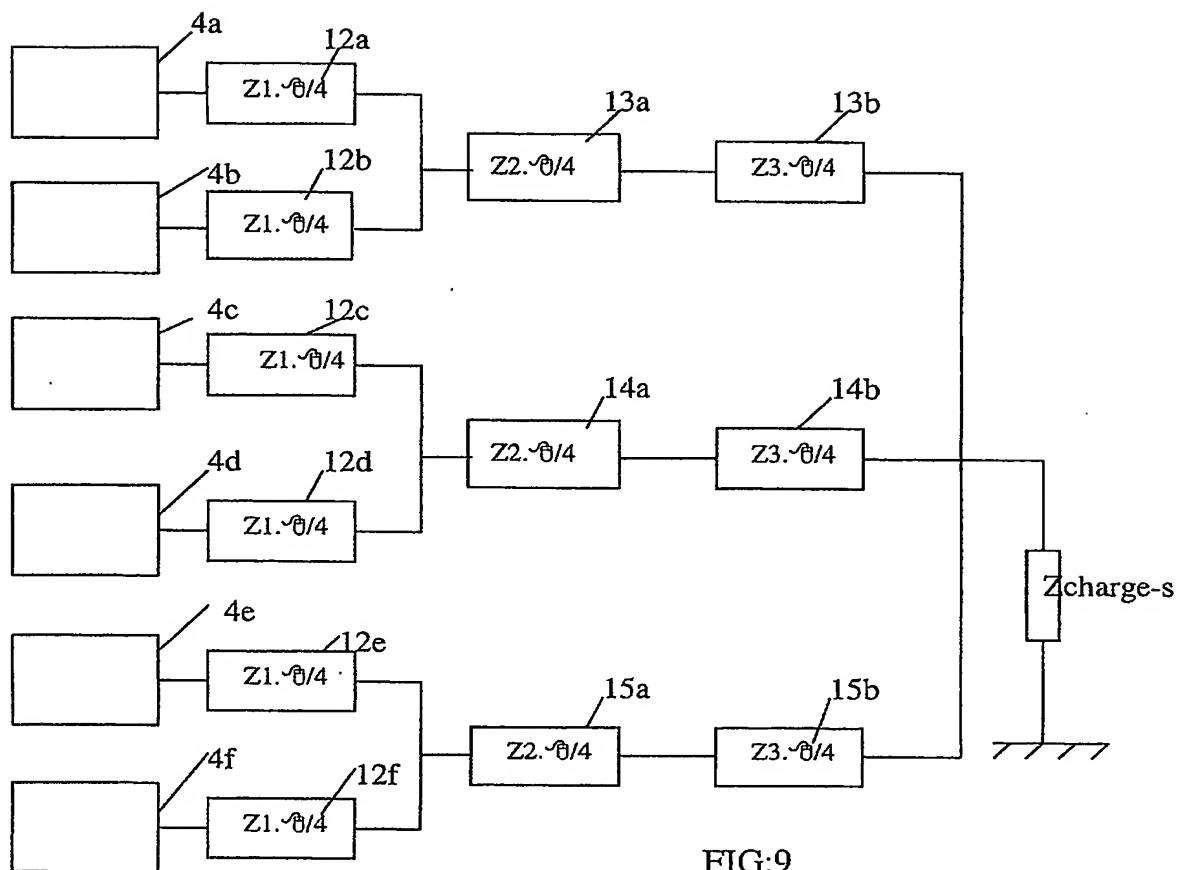


FIG:8





reçue le 17/09/03

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11235*0

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 43 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1./1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W/2608

Vos références pour ce dossier (facultatif)	105138/SM/SSD/IC
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0303421

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

AMPLIFICATEUR A GRANDE DYNAMIQUE DE PUISSANCE DE SORTIE

6

LE(S) DEMANDEUR(S) :

Société anonyme ALCATEL

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		FRAYSSE	
Prénoms		Jean-Philippe	
Adresse	Rue	26, AVENUE CHAMPOLLION - BP 1187	
	Code postal et ville	31037	TOULOUSE CEDEX 01
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		29 juillet 2003 Bradford Lee SMITH 	